2015 OEGセミナー

SSD（Solid State Drive）信頼性評価の環境構築と実施事例

2015年7月14日

沖エンジニアリング株式会社

デバイス評価事業部

長野真人

© Copyright 2015 Oki Engineering Co., Ltd.

目次

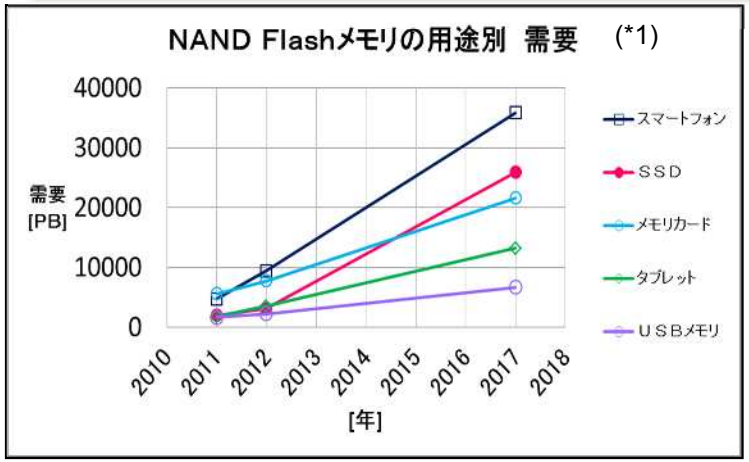
1. はじめに
2. OEG SSD評価環境の構築
3. SSD評価事例
4. まとめ

© Copyright 2015 Oki Engineering Co., Ltd.

1.1 SSD (Solid State Drive)の普及

NAND Flashメモリの用途は拡大している
NAND Flashを用いたSSDは、磁気記憶技術を用いたHDD(Hard Disk Drive)から、用途を選びながら着実に置換えが進んでいる

出展:
https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%BD%E3%83%AA%E3%83%83%E3%83%89%E3%82%B9%E3%83%86%E3%83%BC%E3%83%88%E3%83%89%E3%83%A9%E3%82%A4%E3%83%96



SSD

HDD

2017年度のストレージ市場予測(*2)
全世界ストレージデバイス供給容量:3,032エクサバイト(2011年度比 6.0倍)
SSD需要: 26エクサバイト(2011年度比 12.9倍)

SSDの優位性 vs HDD

省電力:	:35wh vs. 55wh
高速アクセス(*4)	:19s vs. 30s
対衝撃・対振動性	:1,500G vs. 900G
稼働部品	:無 vs. モータ、ヘッド等
高信頼性(MTBF)	:1.2Mh vs. 0.6Mh
静粛性	:0dB vs. 25dB

SSDの普及の壁

コスト比	:6:1(*5)
信頼性課題	:NAND Flash起因、コントローラ起因 等

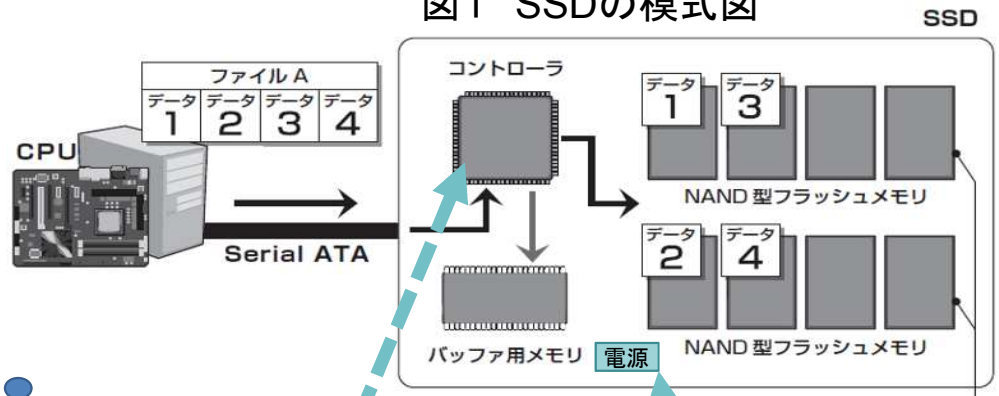
(*1, *2)出典:2012年4月2日富士キメラ総研
【HDD、SSD、半導体メモリなどの棲み分けを予測する世界のストレージ関連市場を調査】
(*3)出典:http://www.intel.co.jp/content/www/jp/ja/solid-state-drives/intel-solid-state-drives-an-introduction.html
(*4)出典:OS立上げ時間
(*5)出典:日経記事 2015/6/27

© Copyright 2015 Oki Engineering Co., Ltd.

1.2 SSDの構成と信頼性の課題

NAND Flashの微細化、多値化、大容量化、
SSDの大容量化、制御の複雑化、
信頼性に影響する可能性も

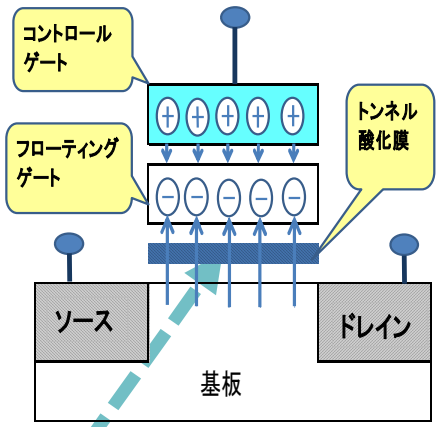
図1　SSDの模式図



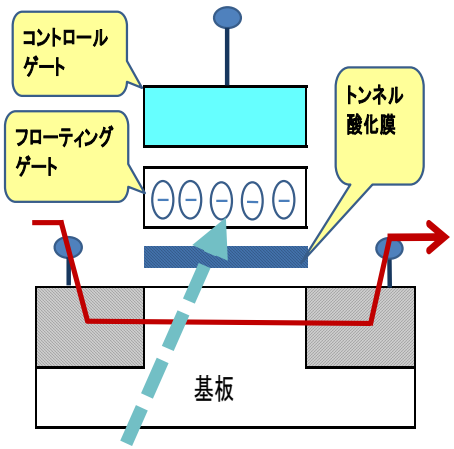
出展:「SSD完全攻略読本」著者:
北川達也、加藤勝明、鈴木雅暢、
竹内亮介　に一部加筆

高速なSSDは並列処理で書き込む

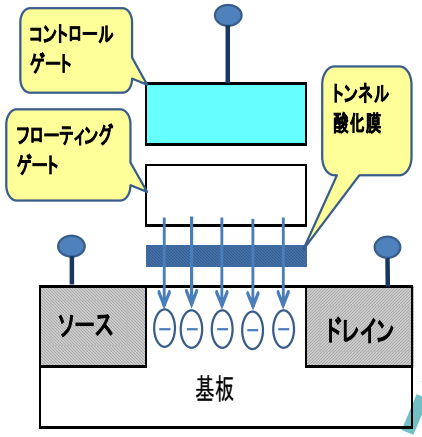
(a)書込み動作



(b)読出し動作



(c)消去 動作



◆NAND Flashの絶縁膜(トンネル酸化膜)が電子の移動による摩耗で記憶機能寿命

◆NAND Flashのフローティングゲート内の保持電子滅失による記憶化け

◆コントローラによる各種データ再配置に伴う処理遅延による動作スピード低下

◆SSD内周辺回路の影響による動作不良
》 電源回路
》 ファームウェアバグ　など

© Copyright 2015 Oki Engineering Co., Ltd.

1.3 SSDの評価

◆ SSD評価に対する、お客様からの要求

・エンデュランス（書き換え耐力）評価を短期間で完了してほしい。
・データリテンション（データ保持能力）評価を短期間で完了してほしい。
・SSDをいつ交換すべきか知りたい。
・JEDECの規格に準拠した評価をしたい。
・システム要求に応じた性能評価をしたい。
・SSD電源の瞬断耐性を知りたい。

◆ SSD評価に対する課題、着目点

・SSDは大容量であるため、評価が長期化する。
　短期間で評価を完了するための加速評価が重要である。
・SSDのメーカ・機種毎の性能や設計思想を定量的に提示できる評価が重要である。
・運用時の保守、管理も意識した評価が重要である。

高信頼性機器で使用する場合、
採用前の評価が重要である

© Copyright 2015 Oki Engineering Co., Ltd.

目次

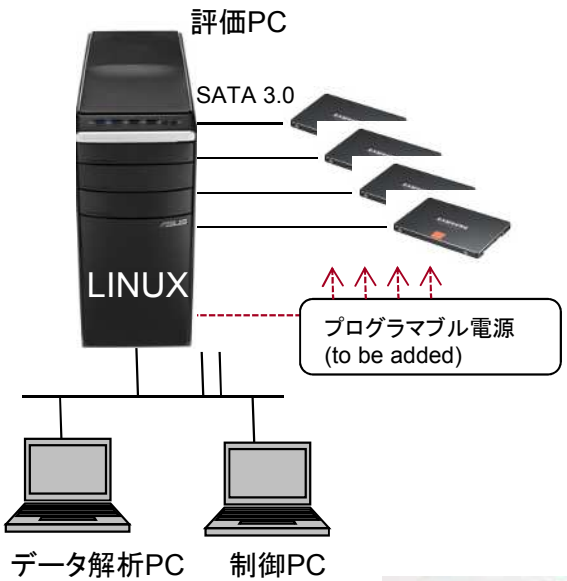
1. はじめに
2. OEG SSD評価環境の構築
3. SSD評価事例
4. まとめ

© Copyright 2015 Oki Engineering Co., Ltd.

2.1 OEGで開発したSSD評価環境

大容量SSDの実力評価に対するお客様の期待に応えるSSD評価環境を構築した

項目		要件	記事
評価PC	ハードウェア	● LINUX PC (Intel Core i5) ● SATA 3.0 (6Gbps) x 4	
	ソフトウェア (自社開発)	● エンデュランス試験 ● リテンション試験 ● S.M.A.R.T. (*6)情報読取機能など	・C言語 ・ファイルシステム の介在無し
制御PC	ソフトウェア	LINUX remote log in機能	
環境試験	恒温恒湿槽	-40℃ ～100℃、20～98%	
	恒温槽	～200℃	
拡張機能	電源	プログラマブル電源による給電と試験	開発中
	ソフトウェア	● JEDEC仕様試験 ● 電源瞬断試験 ● 顧客固有試験モード	



(*6)【Self-Monitoring, Analysis and Reporting Technology】
障害の早期発見・故障の予測などを目的として HDD/SSD に搭載されている機能

© Copyright 2015 Oki Engineering Co., Ltd.

目次

1. はじめに
2. OEG SSD評価環境の構築
3. SSD評価事例
4. まとめ

© Copyright 2015 Oki Engineering Co., Ltd.

3.1 SSD評価事例

**SSD評価環境の有効性を確認するため、同一試験条件にて、
4社のSSDに対し、エンデュランス、リテンション評価を実施した**

●評価項目

（１）常温エンデュランス（書き換え耐力）評価
（２）高温リテンション（データ保持能力）評価
（３）各試験での、S.M.A.R.T. 情報(*7)の有効性評価

(*7)【Self-Monitoring, Analysis and Reporting Technology】
障害の早期発見・故障の予測などを目的として HDD/SSD
に搭載されている機能

●評価試料(SSD)

4社 x 1モデル(128GBモデル) x 6式
（エンデュランス試験：3式、リテンション試験：3式）

試料の機能・性能・寿命

項目	A社	B社	C社	D社	単位/記事
書込み寿命	72	150	公表無し	150	TBW(*8)
コントローラ	88SS9189-BLD2	自社製	自社製	自社製	-
Write速度	180	470	476	470	MB/s
Read速度	560	550	514	570	MB/s
Random Write IOPS	公表無し	90,000	61,184	75,000	IOPS(*9)
Random Read IOPS	公表無し	100,000	95,232	75,000	IOPS(*9)

(*8): TBW(Tera Byte Written)
SSDの寿命までに何テラ・バイトのデータを
書込みできるかを示した書換え保証値

(*9) IOPS【 Input/Output Per Second 】
ハードディスクなどの記憶装置の性能指標の一つで、
ある条件の元で1秒間に読込み・書込みできる回数。

提供保守情報 S.M.A.R.T.(*7)

ID	ATTRIBUTE NAME	A社	B社	C社	D社
1	Raw_Read_Error_Rate	○	-	○	○
5	Reallocated_Sector_Ct	○	○	○	○
173	Average_Block-Erase_Count	○	-	○	-
175	Program_Fail_Count_Chip	-	-	○	○
176	Erase_Fail_Count_Chip	-	-	-	○
177	Wear_Leveling_Count	-	○	-	-
181	Program_Fail_Cnt_Total	-	○	-	-
182	Erase_Fail_Count_Total	-	○	-	-
183	Runtime_Bad_Block	○	○	-	-
184	End-to-End_Error	○	-	-	-
187	Reported_Uncorrect	○	○	-	-
195	Hardware_ECC_Recovered	-	○	-	○
196	Reallocated_Event_Count	○	-	-	○
197	Current_Pending_Sector	○	-	○	○
198	Offline_Uncorrectable	○	-	-	○
199	UDMA_CRC_Error_Count	○	○	-	○
241	Total_LBAs_Written	-	○	-	○
242	Total_LBAs_Read	-	-	-	○

© Copyright 2015 Oki Engineering Co., Ltd.

3.2 SSD評価事例 評価方法と結果

3.2.1常温エンデュランス評価

・実力評価

・書込み時間の推移

・S.M.A.R.T.情報の動き

3.2.2高温リテンション評価

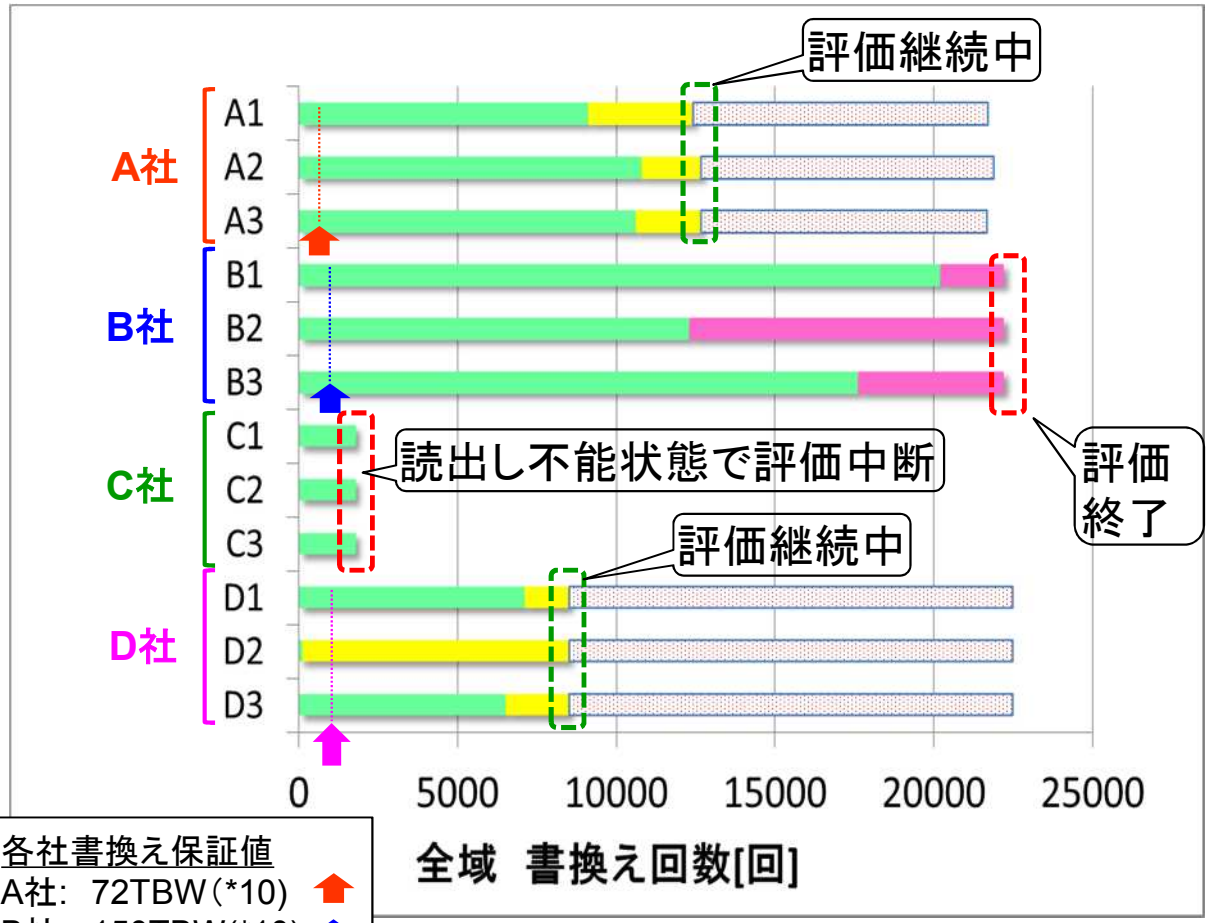
・高温放置時間とデータ保持特性

・読出し時間とS.M.A.R.T.情報

© Copyright 2015 Oki Engineering Co., Ltd.

3.2.1 常温エンデュランス評価　実力評価(故障発生までの経緯を観察)

- ●各社とも、書換え保証値内では、正常に動作
- ●その後の故障に至るフェーズ1⇒2⇒3 の推移は、メーカー間の差が大きい
- ● C社は一定回数後に読出しエラーが発生したので、試験を中止した
  ⇒故障に至る状況より、各社のデバイスの仕様に対する考え方の相違が見られる



各社書換え保証値
A社:　72TBW(*10)
B社:　150TBW(*10)
C社:　公表無し
D社:　150TBW(*10)

(*10)72TBW:620回、150TBW:1290回の書換え

(常温エンデュランス評価　試験方法)

- ・SSD全域へ100回書込みごとにデータを読み出して読出しチェックを実施。
- ・書き込み100回ごとにS.M.A.R.T.情報を読み出してエラーの有無を確認。
- ・上記2情報により不良の有無を確認。
- ・SSDへのアクセスはシーケンシャル。データはAA/55 チェッカーパターン。

(書換え性能劣化のプロセス)

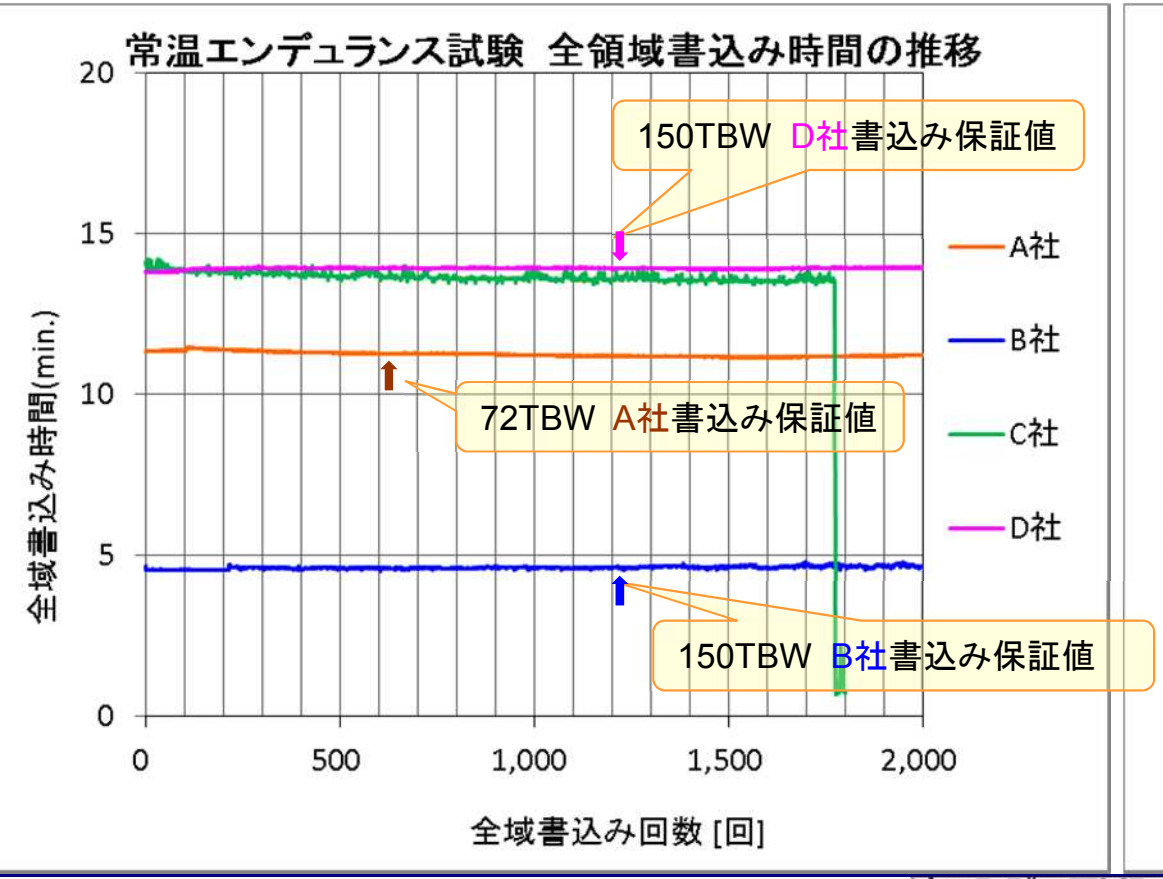
フェーズ1 :SSD内部でエラー発生無し
フェーズ2 :SSD内部NAND Flashの劣化を警告する領域(ECCエラー検出&修正)
フェーズ3 :SSD内部でNAND Flashの故障が発生していることを警告する領域(Bad ブロックの発生、予備領域への置き換え)

© Copyright 2015 Oki Engineering Co., Ltd.

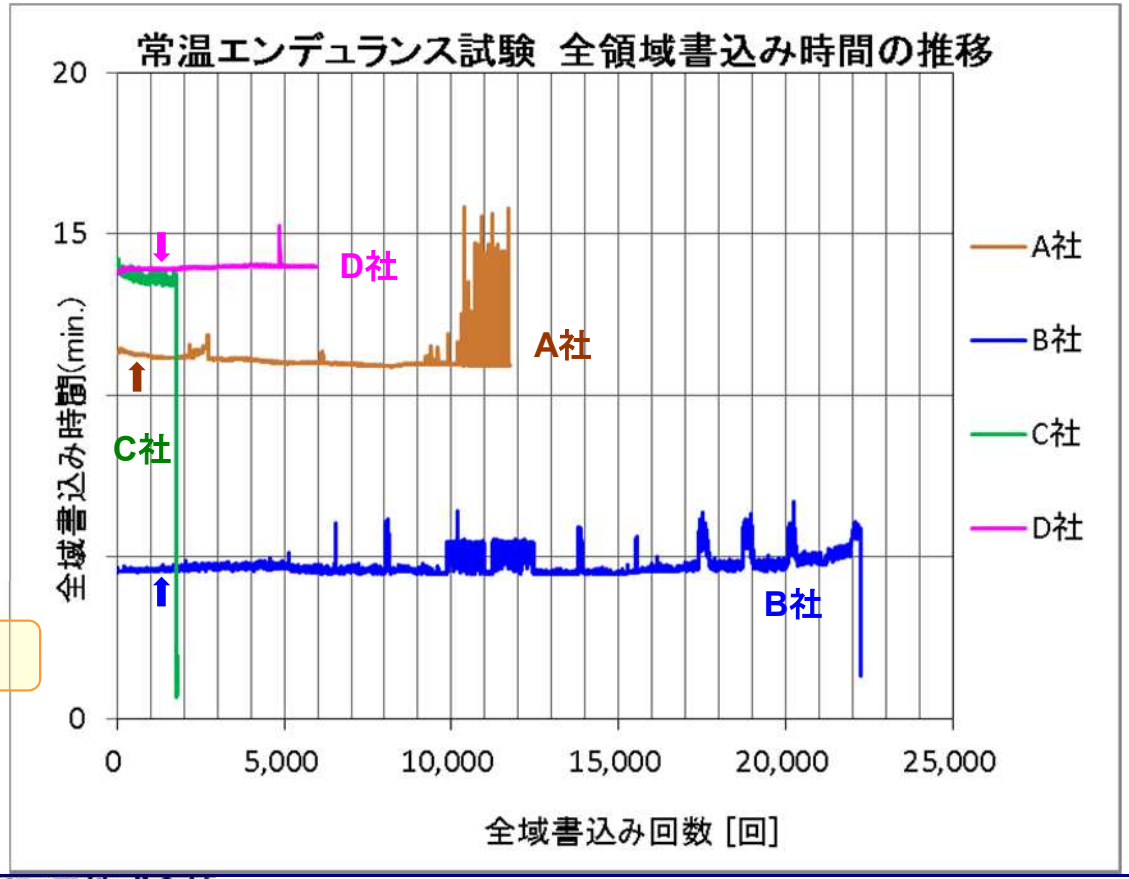
3.2.1 常温エンデュランス評価　書込み時間の推移

- TBW以内の書込み回数では、各社とも安定した動作を示した。
- 全域書込み時間は、メーカで最大3倍程度の差がある。
- 書込み回数の増加に伴って、書込み時間の一時的増加、乱れが発生する。
  ⇒書込み時間の一時的増加は、書込み寿命を延ばすためのSSD内部処理であると推定される。

TBW近辺までの動作



多数回書込み継続時の動作

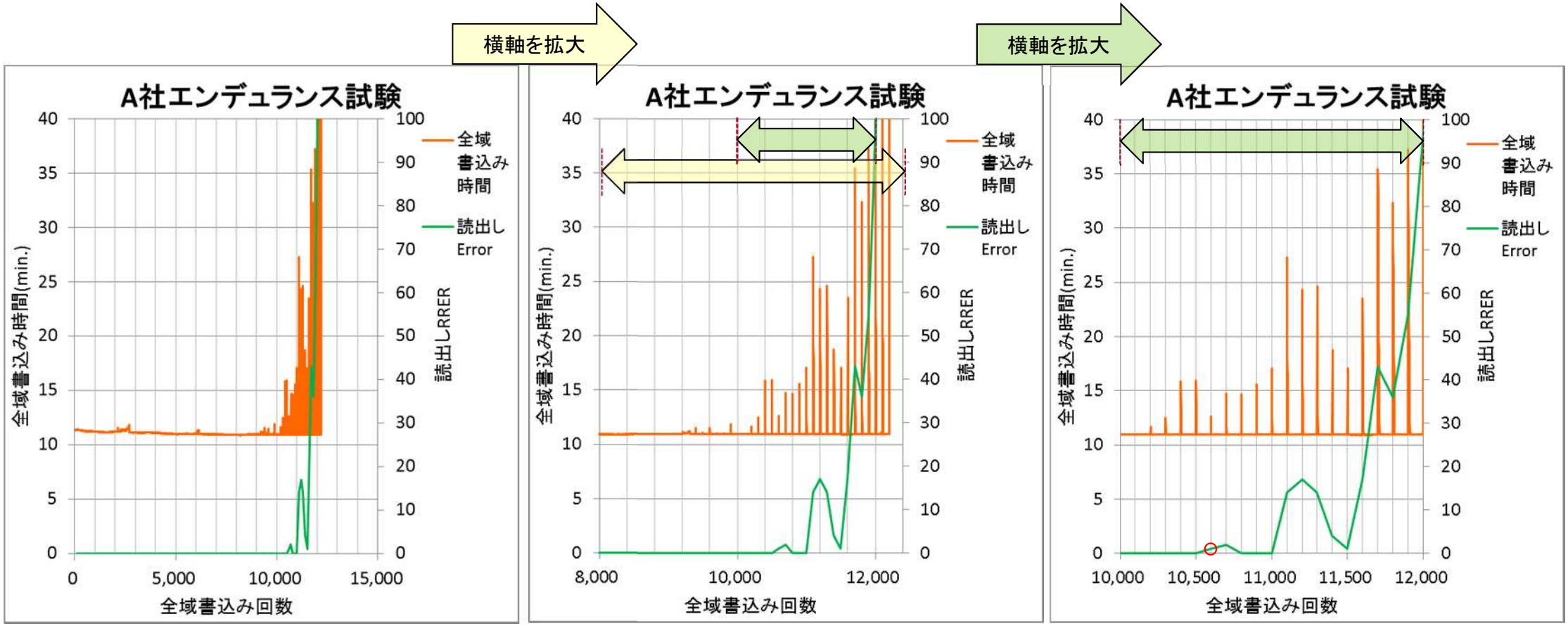


© Copyright 2015 Oki Engineering Co., Ltd.

3.2.1 常温エンデュランス評価　S.M.A.R.T.情報の動き

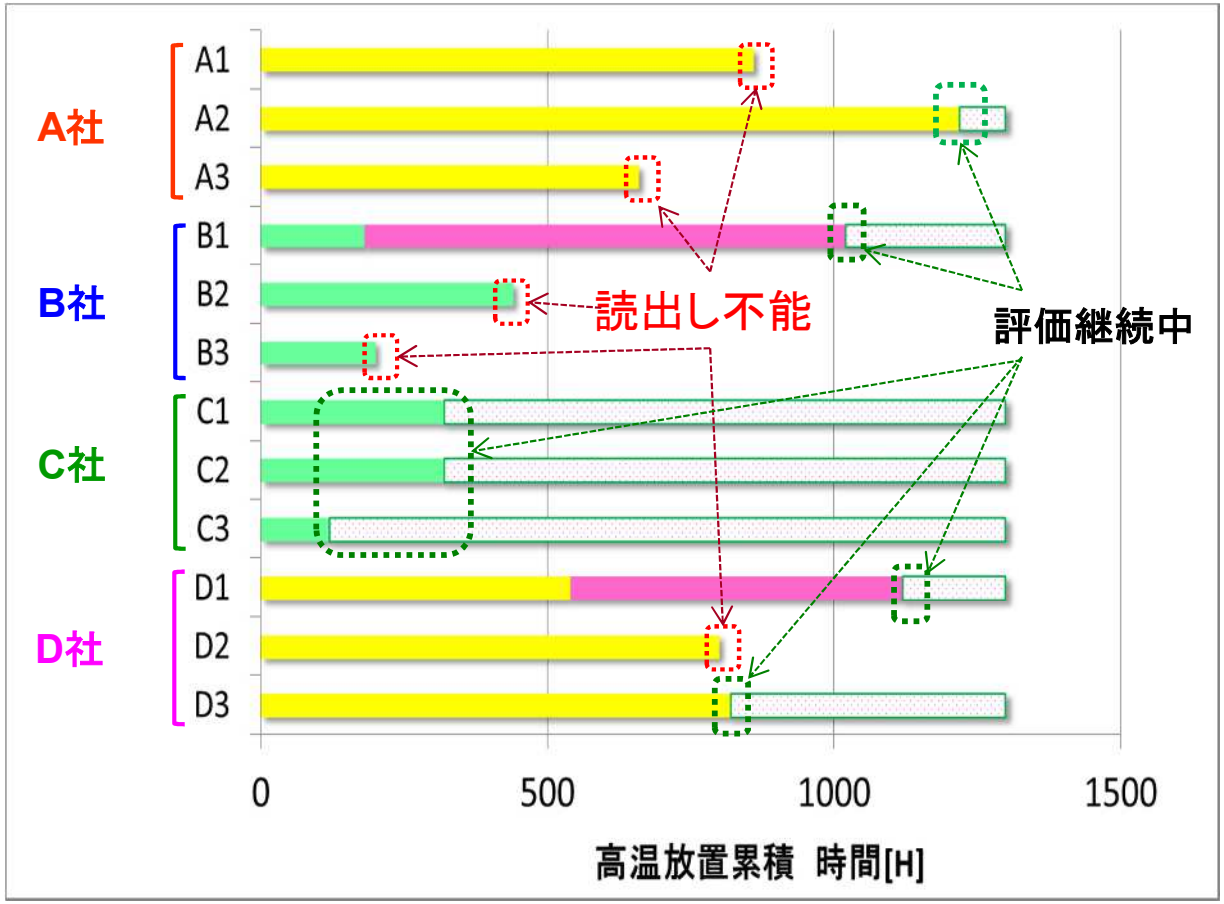
- 書込み回数増に伴って、フェーズ2のエラー発生（ECC(*11)で回復）
- 書込み時間に異常な増加と、RRER発生がほぼ同時期に発生している⇒故障の始まり。
- 詳細にみると、SSDが先に異常な動きをし（書込み時間の急増）、その後RRER(*12)が発生し、以降RRERの量に応じて書込み時間が増大し、最終的には故障に至っている
- この例からは、RRERの発生が極めて危険な兆候であると言える

(*11)Error Correction Code
(*12)RRER: Raw Read Error Rate



3.2.2 高温リテンション評価　高温放置時間とデータ保持性能

- 高温放置の影響と装置の動きを観測するため、125℃で高温無通電放置し加速試験した
- 複数のメーカ製品で、読出し不能状態に陥るものが散見される （ECC修正エラー発生と思われる）
- A社、D社は最初のコンペアチェックでフェーズ2になったが、その後、暫く安定して動作していた



（高温リテンション評価　試験方法）

・SSD全域へメーカー保証書込み容量 (*13)を書込み後、通電無し125℃(*14)環境下で放置。

・高温放置によりデータ抜けが発生しないか10時間ごとに室温に戻し、通電後コンペアチェックを実施する。

・コンペアチェック前後に、累積過熱時間、読出し時間、S.M.A.R.T.情報を記録する。

(*13)A社　---72TBW
B社,D社 ---150TBW
C社　---TBWの値は公表されていない。
(72TBWを書込み試験投入）

（データ保持能力劣化のプロセス）

フェーズ1 :SSD内部でエラー発生無し（正常読出し）

フェーズ2 :SSD内部NAND Flashの劣化を警告する領域（ECCエラー検出&修正)

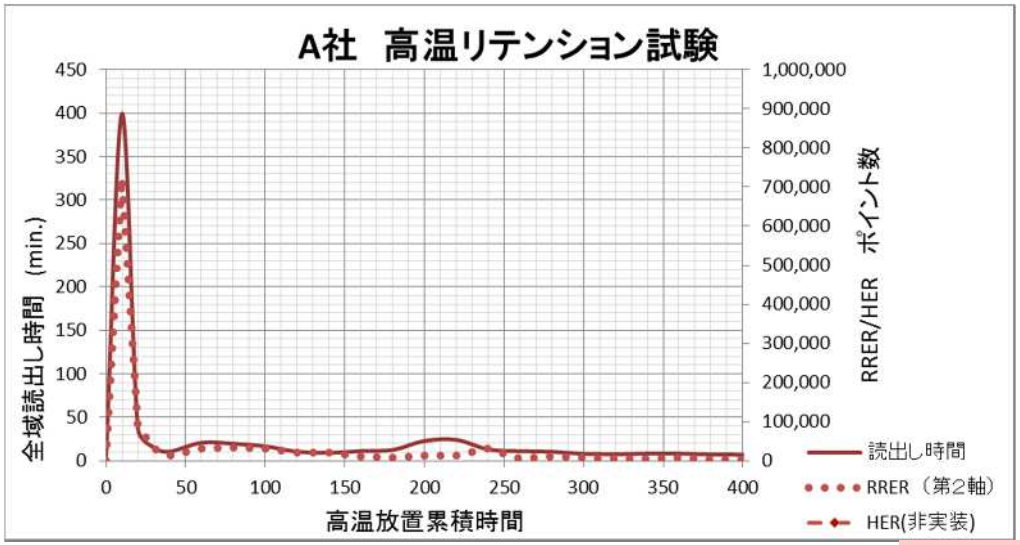
フェーズ3 :SSD内部でNAND Flashの故障が発生していることを警告する領域(Bad ブロックの発生、予備領域への置き換え）

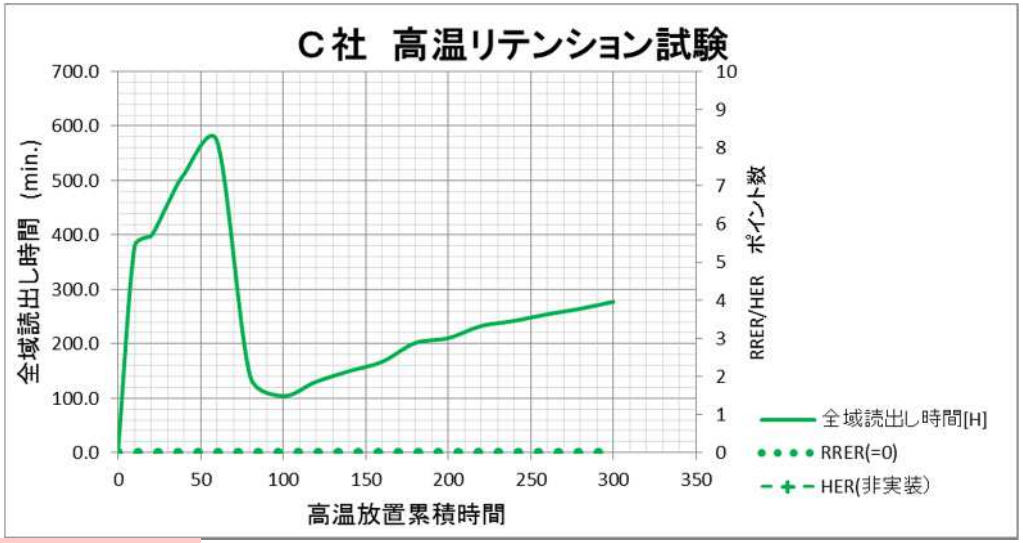
(*14)125℃は装置仕様を超えているが、ここでは、データ採取の目的で過負荷運用した

© Copyright 2015 Oki Engineering Co., Ltd.

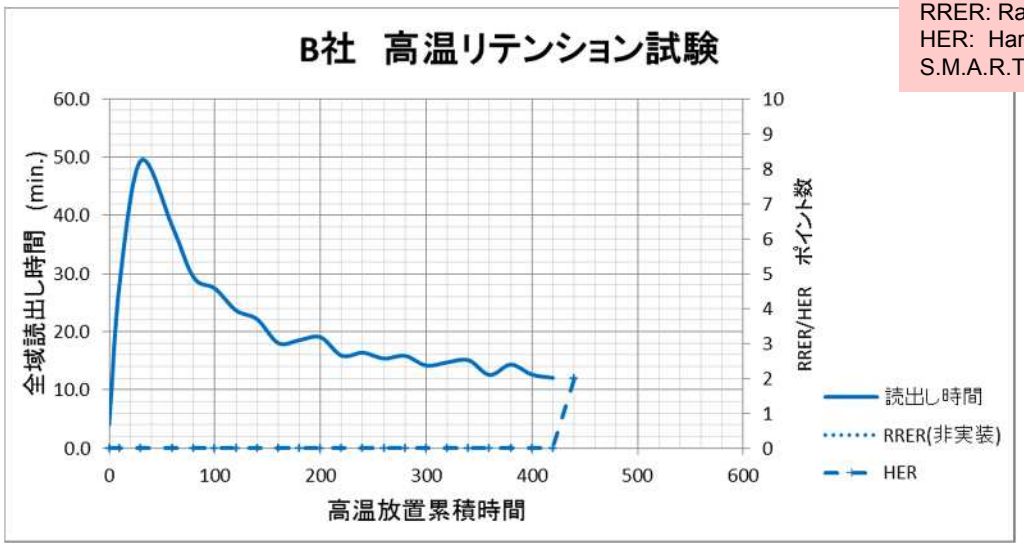
3.2.2 高温リテンション評価　読出し時間とS.M.A.R.T.情報

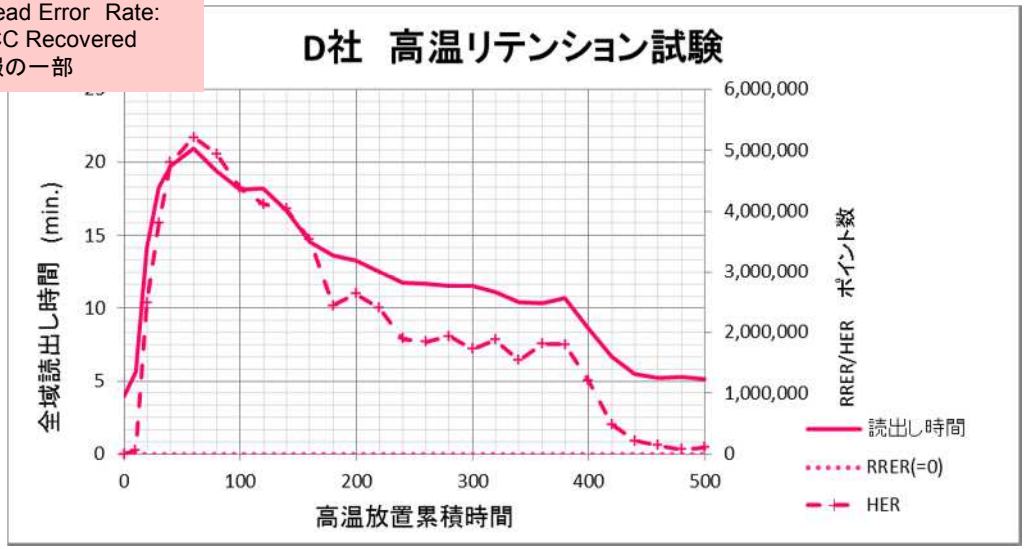
- リテンション試験開始時点で、アクセスが非常に長時間化している
- その後の読出し時間の推移、エラーの発生状況はメーカごとに異なるので、採用デバイスの特性理解が必要
- 各社の提供するS.M.A.R.T.情報はまちまちであり、各社各モデル個別の保守ガイドラインが必要になる





RRER: Raw Read Error　Rate:
HER:　Hard ECC Recovered
S.M.A.R.T.情報の一部



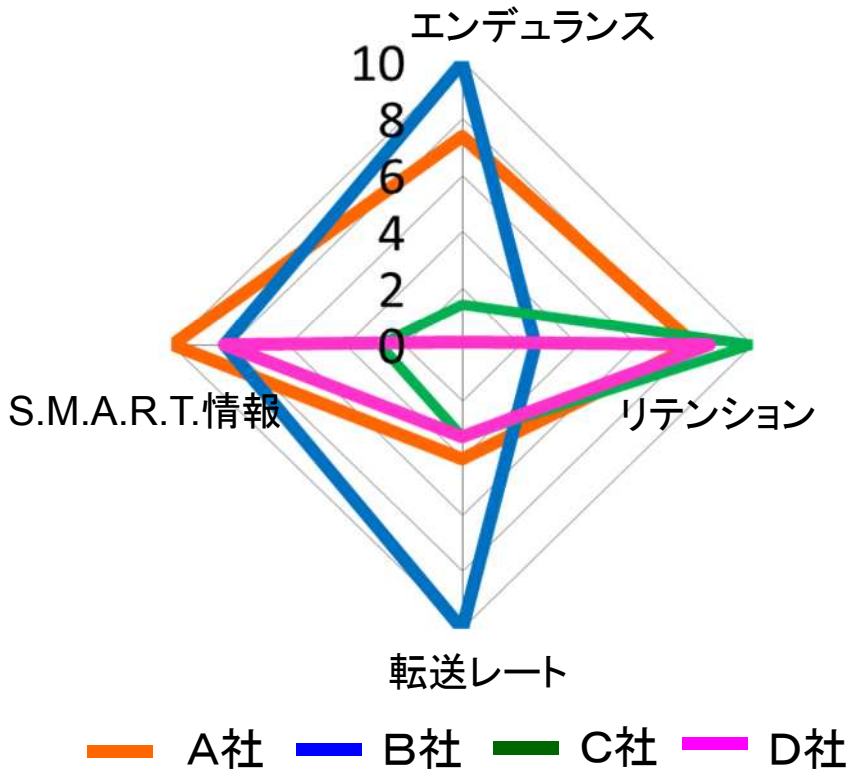


© Copyright 2015 Oki Engineering Co., Ltd.

4. まとめ

- OEGのSSD評価手法を事例にて紹介した。本手法により、各社のSSD特性を明確に評価できることがわかった。
- 最適なSSDを選定する為には、対象SSDの実力を把握すると同時に、コントローラの性能、メーカーの信頼性・性能に関する考え方を理解することが重要であることがわかった。
- S.M.A.R.T.情報の活用方法は、採用機器の特性を十分把握したうえで判断すべきである。
- 本評価手法は、お客様のアプリケーション、要求に応じた最適な評価に、柔軟に対応できる。

- 今後は、SSD評価手法の更なる深堀
  (1) 電源の瞬停評価
  (2) リテンションの寿命予測
  (3) JEDECに準拠した評価
  (4) 更に効果的な加速評価を検討、実現へ
  (5) SSDの手法を他の不揮発性メモリ(*15)へ適用し、より効果の高い評価を実現
  (*15) CF (Compact Flash),SDカード,USB, eMMC



© Copyright 2015 Oki Engineering Co., Ltd.

ご清聴いただき、ありがとうございました

お客様のシステムニーズに応じた
SSDの評価はOEGにご相談ください

》お問合せ先

沖エンジニアリング株式会社

デバイス評価事業部

☐ TEL：03-5920-2366
☐ 担当：小関健哲

☐ E-mail： oeg-dsales-g@oki.com
☐ URL： http://www.oeg.co.jp/

Open up your dreams

© Copyright 2015 Oki Engineering Co., Ltd.